引用格式：管开轩, 余江, 周建中, 等. 高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养“痛点”与对策. 中国科学院院刊, 2023, 38(2): 324-332, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20220619002.
Guan K X, Yu J, Zhou J Z, et al. Analysis on bottleneck and prospect of integrated circuit talent training oriented to sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2023, 38(2): 324-332, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20220619002. (in Chinese)

高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养“痛点”与对策

管开轩[1] 余 江[2,3*] 周建中[2,3] 陈 凤[3] 韩 雁[4]

1 中国工商银行 博士后科研工作站 北京 100140
2 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190
3 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049
4 浙江大学 微纳电子学院 杭州 311200

摘要 构建新发展格局最本质的特征是实现高水平科技自立自强。集成电路产业作为新发展格局下实现高水平科技自立自强的重要支柱，正面临严峻的“卡脖子”问题。中国“缺芯”之痛本质上始于人才之痛，产业总体层面发展不均等结构性问题导致人才聚集扩散效应更加难以有效形成。实现产业高水平自立自强要坚持需求导向和问题导向：不仅要关注集成电路核心技术创新，更要关注集成电路的人才供给体系。文章从我国集成电路人才培养阶段、流通阶段和结构性问题等维度，系统性剖析新形势下我国集成电路行业人才培养与发展体系的痛点，并提出形成分层次、多梯队和“需求—供给—流通”环节横纵协同的新型集成电路人才培养体系理论模型，为构建面向高水平科技自立自强的分层次、多梯队、应用性复合型集成电路人才培养发展体系提供决策参考。

关键词 集成电路，人才培养，产教融合，科技自立自强

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20220619002

党的十九届五中全会指出把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。党的二十大报告提出加快实施创新驱动发展战略。这意味着高水平科技自立自强在中国式现代化建设新征程中的历史重要性和战略地位都将达到全新的高度。高水平科技自立自强意味着必须瞄准事关发展全局和国家安全的基础核心领域，特别是全球科技竞争的热点产业。集成电路产业是引领新一轮科技革命和产业变革的关键力量，是支撑经济社会运转和保障国家

*通信作者

资助项目：国家自然科学基金重点项目（71834006），教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目（20JZD022），国家自然科学基金青年科学基金项目（72104227），中央高校基本科研业务费专项资金项目（E2E42112）
修改稿收到日期：2023年1月28日

安全的战略性、基础性和先导性产业，是新发展格局下高水平科技自立自强的重要支柱。

目前，在政策支持和市场发展下，中国集成电路产业已经积累了一定的产业基础与优势，但是部分“卡脖子”技术仍受制于人，难以对构建国家产业核心竞争力、保障信息安全等战略需求形成有力支撑[1]。一方面，半导体科学技术是多种边缘学科交叉融合下的科学技术[2,3]，涉及大量缄默知识、专利和技术诀窍（know-how），产品迭代周期长、知识积累与成长速度慢，其发展离不开实用型人才和创新型人才的共同支撑。另一方面，产业的长远发展离不开专业人才群落的可持续发展和管理，特别是产业人才结构的优化。此外，在国家对新一代基础设施的推进战略以及相关应用蓬勃发展的引领下，集成电路核心产业和上下游产业将对从业人员规模和质量提出更高要求。可见，人才问题已成为目前制约我国半导体产业发展的关键因素之一。当前国际形势同样证明在科技前沿和关键领域培养并保持一支能打硬仗的高层次人才队伍已迫在眉睫[4,5]。

本文从我国集成电路人才培养与发展体系培育的需求、供给、流通等阶段出发，厘清我国集成电路人才培养的“痛点”，构建面向高水平科技自立自强的集成电路人才培养系统理论模型，并进一步思考如何缩小差距，最终为健全我国集成电路人才培养与发展体系提供政策建议参考。

1 我国集成电路人才培养发展现状与趋势

1.1 人才规模：集成电路人才规模微增，人才缺口依然明显

集成电路人才培养受到了中央和地方的高度重视，2020 年国务院正式发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策》，专门强调了新时期集成电路发展的人才建设问题。《教育部等七部门关于加强集成电路人才培养的意见》（教高〔2016〕1号）等文件，重点聚焦我国集成电路行业人才培育机制体制和人才培育质量两方面内容。根据《中国集成电路产业人才白皮书（2019—2020 年版）》相关数据，中国集成电路产业整体人员数量已经达到 50.2 万人，相较 2018 年同期从业人员规模增长 11%。根据白皮书的数据预测，人才缺口虽有缓解，但是未来 1—2 年依然有 25 万人才空缺存在。总体上看，我国集成电路行业仍然处于人才需求旺盛期，加上集成电路产业对新一代基础设施的支撑作用，从业人才短缺难题一定时期内将持续存在。

1.2 人才结构：集成电路人才结构失衡，领军人才依然匮乏

半导体科学技术是多学科交叉融合的领域，其发展涉及大量的隐性知识、技术经验和行业技术诀窍，这些知识的载体通常为产业内的技术人才[6]。本文认为集成电路专业人才内涵应该包含 3 个层次：基础人才、创新人才和领军人才。基础人才指的是行业内掌握基本技能和隐形经验，从事基础流程的人才；创新人才指的是掌握大量的隐性知识和行业技术诀窍，能够推动产业渐进式创新的专业型或复合型人才；领军人才则指的是能够实现集成电路前沿技术“从 0 到 1”的突破、引领产业跨越式发展的关键人才，包含重大源头创新、原始理论创新、重大工艺路径创新等。根据调研，目前我国集成电路人才体系结构性失衡的问题主要体现在两方面：一是缺乏具有行业经验的复合型创新人才，二是严重缺乏领军人才（实现技术“从 0 到 1”突破）。根据对 ISCA①2007—2018 年半导体领域高质量论文第一作者国籍（流向）的不完全统计，有接近 25% 的作者出生国籍为中国，但是在发表论文时这一比例锐减为 5%，这一比例在部分作者硕

① 由电气与电子工程师协会（IEEE）和美国计算机协会（ACM）主办的国际会议，全称“International Symposium on Computer Architecture”，每年一次。主要关注处理器结构、存储结构、功耗等方面的研究，在国内外学术界具有很高的影响。

博毕业及就业后继续下降。西方国家针对半导体领域高端人才的引进政策进一步固化了其在创新人才和领军人才上的优势，可见在半导体领域创新人才、领军人才等高层次人才的可持续发展和管理方面，我国尚有优化空间。

1.3 未来愿景：集成电路人才需求扩张趋势明显，结构有待调整

当前，创新基础设施和相关应用蓬勃发展。① 集成电路对创新基础设施的支撑作用明显。创新基础设施的实体，如大科学装置的核心设备与实验室、大型数据中心等运行过程中的数据分析、物理能源供应和网络计算等，都需要集成电路作为支撑。② 集成电路产业本身也是新一代基础设施建设和发展的重要领域之一。在创新基础设施和相关应用蓬勃发展的引领下，集成电路核心产业链（设计、制造、封装、测试等）和上下游装备及材料产业必然将同时迎来快速扩张趋势，这一发展态势毋庸置疑对芯片产业及相关行业从业人员规模和质量都提出更高要求。随着我国人口红利的逐步缺失，集成电路行业的良性发展将越来越依赖技能型人才主导的技术创新[8]，特别是交叉复合型芯片人才，人才结构的调整势在必行。

2 我国集成电路人才培养发展的“痛点”

2.1 培养阶段：培养基数不足，培养模式、合作机制存在问题

（1）人才培养基数不足。示范性微电子学院是我国集成电路人才培养的重要机制。2015—2018年，全国“26+1”所示范性微电子学院的招生人数稳中有升，基本可以实现稳定输出（图1）。2018年起，为了尽快培育芯片产业急需的工程性技术人员，微电子专项培养计划专门进行了招生扩张计划。但就实际而言，微电子专项培养计划在本科、硕士和博士等培养阶段招生扩张人数都远远无法弥补芯片产业目前的人才短缺现状。同时，应届生在学历教育完成后，还需经过专业技术实操训练才能真正奔赴研发和生产一线，集成电路人才培养的基数短缺问题需引起进一步的关注与重视。同时，集成电路产业对材料、化学、物理等弱相关专业学生的吸引力较低对人才基数的扩大也产生一定影响。

（2）培养模式存在产教脱节。① 高校集成电路培养体系与应用脱节，实操能力和工程经验匮乏。根据调研，集成电路行业技术进步更新换代较快，

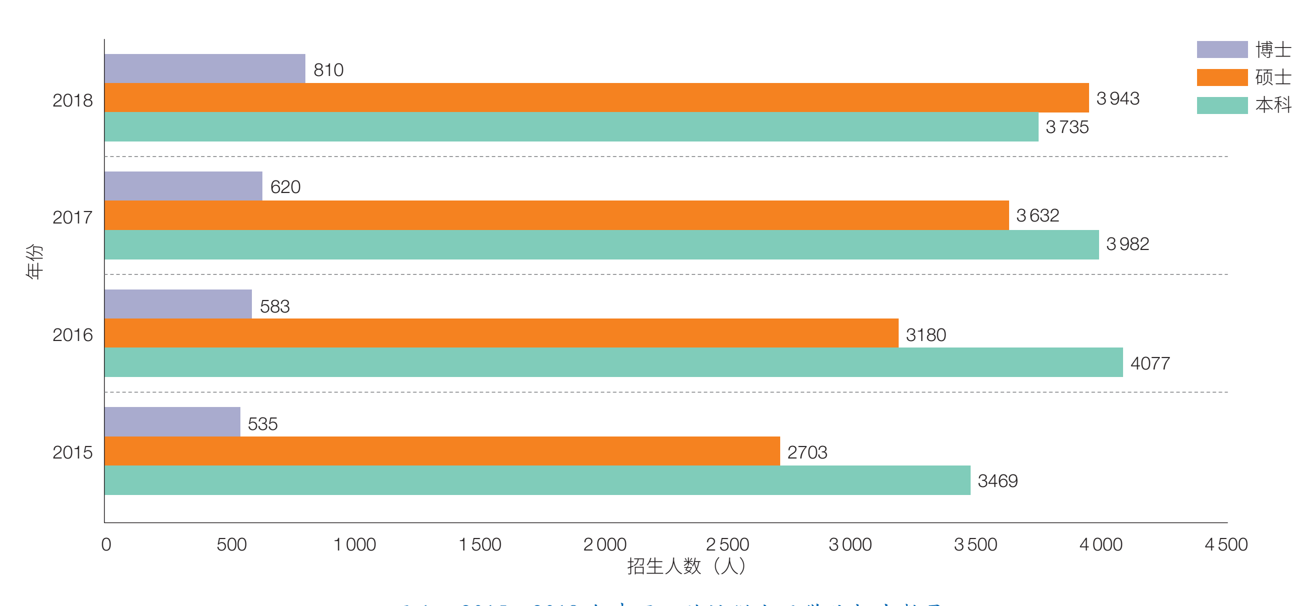


图1 2015—2018年我国示范性微电子学院招生数量

Figure 1 Demonstrative microelectronics college by enrollment number form 2015 to 2018

部分相关课程未根据行业的实际需求及时更新，与目前主流技术工艺差异较大。例如，在集成电路产业的各种制造流程方面，需要高校加强对于产业应用主流光刻、离子注入、氧化扩散等半导体芯片制造工艺的重视；同时，应届专业研究生进入公司需要 3—5 年的培养时间才能有产出，很少有集成电路企业愿意开展 1—2 个学期的短期实训联合培养学生，即使接收实训生也可能因涉及商业机密降低实训质量，使得在校学生即使获得实训机会也无法真正掌握产业实际经验和前沿知识。② 高校相关学科高水平师资补充困难，使得集成电路设计、制造等教学体系设置不完整。在高校师资结构方面，高校的入职基本条件一般为博士学历和发表过高水平论文，评价机制为项目经费和论文发表，这对集成电路业内纯工程技术人员入职高校造成了一定困难，难以为学生提供业内的隐形知识培训。在理论知识授予方面，课程结构不合理，“系统”理论不足。具体来说集成电路领域涉及的基础知识架构应该拓展包含无线收发、数字调制、无线网络、蓝牙的通信知识；神经网络、遗传退火的算法知识；计算机网络和物联网的网络知识在内的系统性理论，而非仅仅关注芯片行业的课程知识，目前微电子学院本科教学阶段并未涉及这些宽泛的系统性知识。能力培养方面，实操涉及的电子设计自动化（EDA）环境尚不完善，EDA 软件是集成电路设计的基础软件，目前因为购买 EDA 软件的成本较高，造成高校在集成电路设计实验流程的不完整，难以为学生提供充足的实操机会。

（3）校企合作权责不清，机制不明。在集成电路产学合作的内在动力方面，高校旨在通过产学合作接触行业的最新技术和工具，提升人才培养质量，满足行业对人才的工程素质和能力要求。企业希望通过校企合作实现包括产品/技术的推广，后备员工的培养和选拔，以及潜在新技术和新产品研发等。在实际操作方面，校企合作是否具备双赢模式、是否有稳定运行的机制和团队等决定着合作能否实现可持续发展。目前，高校和集成电路企业合作的双赢路径并不清晰。一方面，企业与高校联合培养的学生不一定最终入职该企业；另一方面，学生的实操能力培养与高校教师的评价机制并无关联。如何实现校企合作培养的权责清晰，尚待企业、高校、政府合力破解。

2.2 流通阶段：虹吸效应、人才争夺加剧集成电路人才失衡

（1）缺乏有效激励机制，高校到产业的人才流失严重。根据《中国集成电路产业人才白皮书（2018—2019 年版）》，2018 年我国高校毕业生为 820 万人，集成电路相关专业的毕业生规模是 19.9 万人（图 2）。但是，根据 2018 年就业市场的实际数据，仅仅有 19% 的相关专业应届生在毕业后选择进入集成电路行业，这意味着 19.9 万人中只有 3.8 万人会自动流入集成电路行业，这一比例远低于市场预估。《中国集成电路产业人才白皮书（2019—2020 年版）》显示，2019 年示范性微电子学院应届生选择集成电路企业就业的人员比例为：本科及以上 55.08%，硕士及以上 73.66%，其余大部分集成电路专业毕业生向金融行业、软件互联网行业的流入仍旧占据多数比例。究其缘由，一是集成电路行业周期长，人才成长周期也相对较长。应届毕业生在进入工作岗位后，实操能力和工程经验相对匮乏，一般要经历 4—5 个芯片项目周期，此后才能开始“独当一面”，这成为限制相关人才职业上升与薪资上涨速度的重要原因[②]。二是当前我国集成电路行业对相关人才的激励和培养体制机制不到位，基础支撑条件不够，同时互联网等高薪行业虹吸效应明显[②]，导致很多创新型人才不愿长期从事芯片研究工作。总体来说，“留住”人才和“培养”

② 来源于《中国集成电路产业人才白皮书（2018—2019 年版）》及相关调研资料。

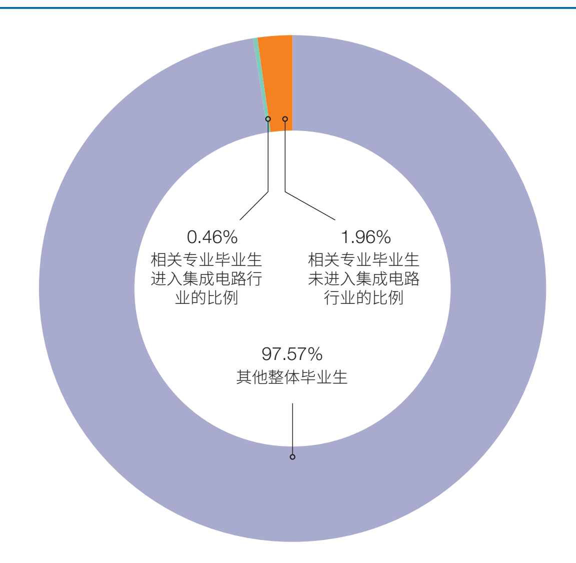


图 2　2018 年集成电路相关毕业生去向分布图
Figure 2　Distribution map of IC-related graduates in 2018

人才同样重要，目前我国高校培养的人才向集成电路产业的有效输送尚未形成。

（2）人才争夺加剧人才结构性失衡。目前，我国人才结构性失衡主要体现在以下两方面。① 国际人才争夺导致的失衡。根据美国乔治敦大学 2020 年半导体行业的相关研究，美国半导体相关领域的国际博士毕业生在完成学位后移民留在美国本土的比例高达 80% 以上，其中大多数毕业生原国籍为印度和中国。2000—2010 年，美国有大约 10 万集成电路相关专利持有者净流入，而印度和中国则出现了大量净流出[7]。② 国内集成电路行业整体离职率高于正常流动率导致的失衡。我国 2019 年集成电路行业的主动离职率为 12.51%，较上年降低了 1.84%，但仍高于 5%—10% 的全国各行业平均流动率。这一高离职率背后的原因可能为以下 3 个方面：① 薪酬待遇。行业内部竞争关系显著，加之制造业受产能扩张影响来不及培养人才，企业间不惜以高薪争夺人才。② 职业前景受限。集成电路行业人才成长周期相对较长，技术类人员未来的职业发展受到一定制约，对优秀人员的吸引力较弱③。③ 生活配套环境方面的影响。生活配套和子女教育是导致人才离职的另一主要原因，大量人才流向以“高薪+落户”政策吸引人才的城市，加剧本行业人才紧缺问题。

3 高水平科技自立自强下我国集成电路人才培养体系思考

科技强国从来都是一流的人才培养、人才引进和人才规划国家[8]。2021 年 5 月 28 日，习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会、中国科学技术协会第十次全国代表大会上指出，“培养创新型人才是国家、民族长远发展的大计。当今世界的竞争说到底是人才竞争、教育竞争”。可见，实现高水平科技自立自强不仅要关注集成电路核心技术创新，更要关注集成电路的人才体系供给[9]。构建一套分层次、多梯队的应用性复合型集成电路人才培养发展体系既是我国集成电路产业持续平稳发展的基本条件，也日益成为关乎国家竞争力打造的核心要素和经济运行的战略性资源。

具体来说，高水平科技自立自强下集成电路人才培养发展体系应坚持现实需求导向和问题导向（图 3），实现人才“需求—流通—供给”环节的有效连接，弱化参与主体边界，实现共同发展机制。

（1）有效连接人才“需求—流通—供给”环节。需求端：编制“高精尖技术紧缺人才需求”清单，同步动态更新，有效实现与产业供给的对接。流通阶段：建立集成电路人才薪酬、评价等多元化的激励保障措施，以缓解行业内部激烈的人才争夺现状，减少人才向行业外流失。供给端：构建多学科交叉融合的集成电路人才培养机制、建设新型集成电路人才培养平台，实现多层级人才的培养与流通。通过有效连接人才“需求—流通—供给”环节（图 4），合理优化集成电路企业人才结构，解决集成电路人才培养的基

③ 来源于《中国集成电路产业人才白皮书（2018—2019 年版）》。

数问题和结构性失衡问题。

（2）弱化参与主体边界，实现“五个打破”、“五个建立”。① 打破人才培育与实际需求的“脱节”，建立与行业需求零距离的培育模式；② 打破理论研究和产业应用的“错位”，建立协同创新攻关机制；③ 打破高校和企业的“边界”，建立产教融合、双赢合作长效机制；④ 打破集成电路一级学科和相关学科的“约束”，建立跨学科交叉/多学科相融的创新环境；⑤ 打破高校与高校间的“壁垒”，建立资源开放共享、共同发展机制[④]（图 5）。



图 3　高水平科技自立自强下的集成电路人才培养发展体系
Figure 3　Integrated circuit talent training and development system for achieving sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels

4 新格局下集成电路人才培养的建议

4.1 需求端：加强数字平台建设，编制行业技术紧缺人才动态清单

政府相关部门加强现代人力资源体系化平台建设，通过大数据挖掘、处理等数字技术分析和对接企业公开招聘数据与就业信息数据，编制紧缺人才目录，有效汇通企业需求与市场现状，摸清并动态掌握产业岗位紧缺状况，云同步更新以保障人力资源信息时效。基于此，本部分一方面为市场调整人才储备和培养方式，以及企业调整招聘方式和渠道提供参考数据；另一方面为更加贴合国家战略需求和企业实际需求的产教融合模式提供决策支撑，重点包括：① 编制紧缺人才清单。包括紧缺级别分布、紧缺岗位画像、需求企业情况、岗位工薪分布、技能图谱等。② 加强岗位紧缺度指数设计。区分流动性紧缺、供给性紧缺、一般紧缺、小规模供给性紧缺。③ 开展人才现状

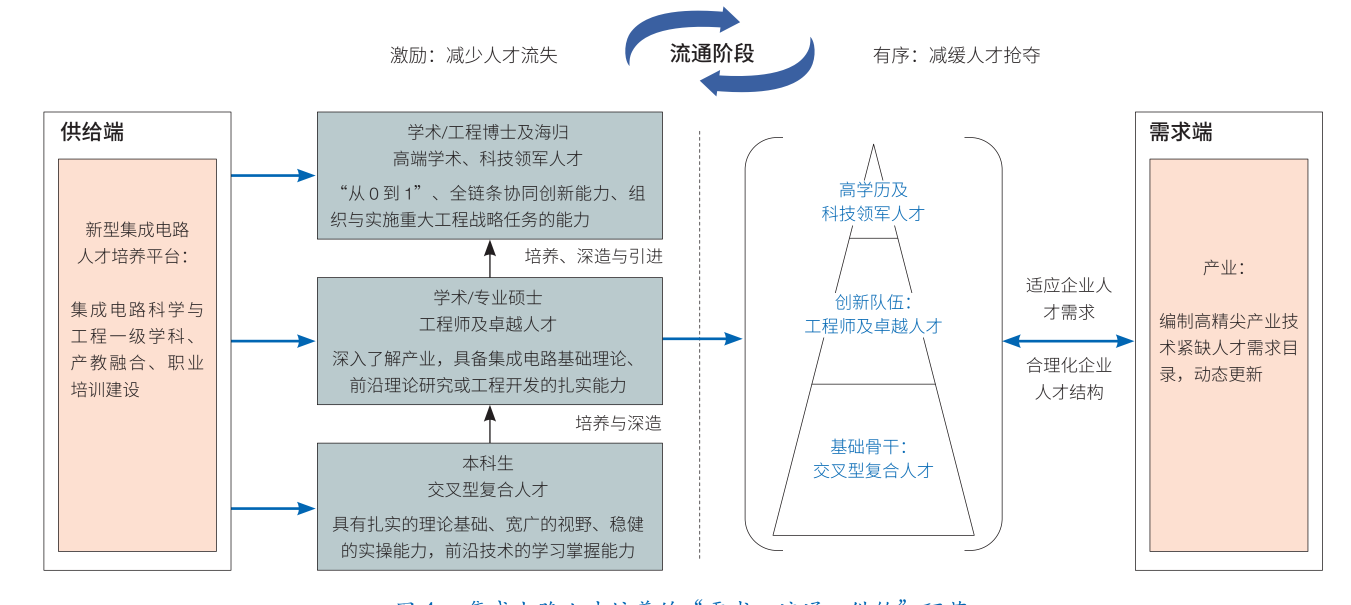


图 4　集成电路人才培养的“需求—流通—供给”环节
Figure 4　“Demand-circulation-supply” segments of IC talents training

④ 根据第四届（2020 年）“芯动北京”中关村 IC 产业论坛，北京大学信息科学技术学院副院长蔡一茂报告《集成电路人才培养的一些思考》以及产业调研资料进行整理。

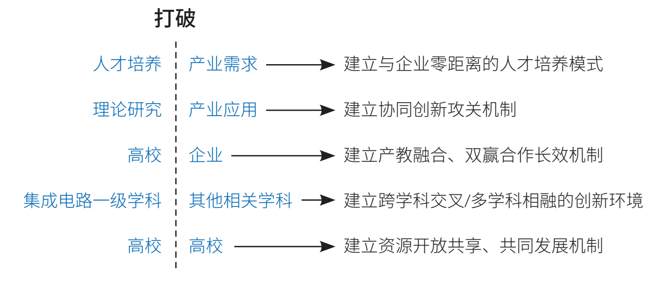


图 5　集成电路人才培养的“五个打破”与“五个建立”

Figure 5　“Five breaks” and “five establishments” of IC talent training

评估和需求科学预测。从经济、社会发展的高度，科学预测集成电路人才需求，通过前移回归分析、深度学习等研究方法开展精准预测，同时保持与产业界的密切沟通。

4.2 供给端：优化多学科交叉融合的新型集成电路人才培养平台

（1）深化交叉融合的人才培养方案建设。2020年12月30日，“交叉学科”成为我国第14个学科门类，并于该门类下设立“集成电路科学与工程”一级学科，未来人才培养应围绕集成电路科学与工程一级学科建设，强化物理、化学、数学、材料多学科交叉融合的支撑作用，通过交叉融合的学科设置向学生系统地传授分布在各个学科内的知识[10]，尽可能减少高校课程培养体系与行业实际操作之间的差距。具体操作路径包含：对标产业需求，分类融合多学科知识与教材，打造一流的模块化教学模式；大力引进集成电路产业人才进入师资队伍，强化“集成电路科学与工程”学科建设的实践性。

（2）建设新型集成电路人才培养平台。重点在于细化产业界、科研界、教育界的三方协同共赢路径。① 开展集成电路产学研融合机制的试行。集成电路相关学科及院校通过与芯片企业的课题研究或项目合作，共同细化落实专业学生的教学团队、课程体系、教材编写及培养目标的制定。依托国家重点项目，共建实习实践实训平台，实现院校、企业、研发单位等多方资源的整合。同时通过厘清协同机制，实现院校教师、企业工程技术人员和管理人员之间的柔性流动。② 构建多层次实践教学体系[11]。合理利用国家职业培训机制实现相关院校学科知识布局和课程体系设计，建设一流化的项目化课程资源，实现相关院校的科研教师团队与行业技术应用实操人才的能力互补，优化提升集成电路从业人员的综合能力，培养具备工程能力和实践能力的基础骨干，储备培养集成电路领域高层次紧缺人才。

（3）提前布局集成电路人才的社会培养实践平台。在集成电路产业核心技术领域，提前布局交叉融合育人平台，提供跨区域、跨产业链和跨企业的从业人员交流平台，统筹各类院校、企业等各地资源，保障相关专业学生获得实训及系统学习的机会。通过共建联合实验室、联合基地等合作模式，开展长期化、网络化专业人才实践培养机制建设与运营，为潜在的从业人员提供丰富的行业前沿咨询以及创新创业讯息。此外，积极拓展相关行业知识的在职培训，完善行业资格认证标准，督促从业人员的再培训和专业能力提升，吸纳更多相近专业人才投身芯片行业重点技术领域的发展。

4.3 流通阶段：建立集成电路人才薪酬、评价等多元化的激励保障措施

（1）推广以创新价值、能力、贡献为导向的基础研究人才评价制度。① 进一步探索行业内分配机制的创新，建立重能力、重贡献、重实绩的收入分配制度。② 积极探索政府奖励、单位奖励、社会奖励等多渠道融合的激励机制，推行市场化高层次人才激励制度，例如年薪制、技术入股、管理入股、股票激励、期权激励等。③ 关注高层次人才软环境建设，创新政策设计，通过住房补贴、项目补贴、住房优惠等方式支持高层次人才的家庭发展，解决后顾之忧。④ 建立科学明晰的人才评价制度，推动技能人才常态化认定，通过突出操作和实践的多维度人才评价体系建设，重点激发年轻从业人员的核心技术能力，明确

行业内人才的能力迭代方向与机制。

（2）加大海外高层次人才的引进力度，锤炼和培养芯片行业“帅才”“将才”。要解决集成电路产业从业人员严重结构性失衡问题，就要重视高层次人才（创新人才、领军人才）的核心需求[12]，注重人才发展“软环境”和“硬环境”的建设，通过人才引进和人才培育的“双板斧”提升高层次人才的保有率。如：为高端人才的引进创造有利宽松的环境，在更大范围、更广领域、更高层次上吸引包括非华裔在内的集成电路重点技术领域人才，建设分层次、多梯队能打硬仗的国际一流人才队伍和合作平台，形成具有核心攻坚能力的集成电路人才体系化建设。同时，通过相关税收、股权等激励措施实现技术导向和创新导向的人才筛选和能力迭代。

参考文献

1 余江, 刘佳丽, 甘泉, 等. 以跨学科大纵深研究策源重大原始创新：新一代集成电路光刻系统突破的启示. 中国科学院院刊, 2020, 35(1): 112-117.

Yu J, Liu J L, Gan Q, et al. Major original innovation based on interdisciplinary research: International insights from breakthrough of new generation of lithography system. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(1): 112-117. (in Chinese)

2 方新, 柳卸林. 我国科技体制改革的回顾及展望. 求是, 2004, (5): 43-45.

Fang X, Liu X L. Review and prospect of China’s scientific and technological system reform. Qiu Shi, 2004, (5): 42-45. (in Chinese)

3 马源, 屠晓杰. 全球集成电路产业：成长、迁移与重塑. 信息通信技术与政策, 2022, (5): 68-77.

Ma Y, Tu X J. Global integrated circuit industry: Evolution, migration and reconstruction. Information and Communications Technology and Policy, 2022, (5): 68-77. (in Chinese)

4 Bown C P. How the United States marched the semiconductor industry into its trade war with China. East Asian Economic Review, 2020, 24(4): 349-388.

5 李先军, 刘建丽, 闫梅. 中国集成电路设备的全球竞争力、赶超困境与政策建议. 产业经济评论, 2022, doi: 10.19313/j.cnki.cn10-1223/f.20220422.001.

Li X J, Liu J L, Yan M. Global competitiveness, catch-up dilemma and suggestions of China’s IC equipment. Review of Industrial Economics, 2022, doi:10.19313/j.cnki.cn10-1223/f.20220422.001. (in Chinese)

6 雷宇, 张国龙, 张武毅, 等. 我国集成电路产业发展现状及未来趋势探讨. 信息技术与标准化, 2022, (4): 17-19, 30.

Lei Y, Zhang G L, Zhang W Y, et al. Current situation and future trend of IC development in China. Information Technology & Standardization, 2020, (4): 17-19, 30. (in Chinese)

7 National Center for Science and Engineering Statistics. 2018 Doctorate Recipients from U.S. Universities. (2019-12-03) [2022-10-30]. https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf20301.

8 张立伟, 王珏. 我国海外科研人才的需求分析及人才引进对策. 科学学研究, 2020, 38(8): 1390-1396, 1536.

Zhang L W, Wang Y. R&D team time pressure, team reflexivity and innovation performance. Studies in Science of Science, 2020, 38(8): 1390-1396, 1536. (in Chinese)

9 王亚辉. “缺芯”困境下技能型人才激励策略研究. 产业与科技论坛, 2018, 17(24): 217-218.

Wang Y H. Research on incentive strategy of skilled talents under the dilemma of “lack of core”. Industrial & Science Tribune, 2018, 17(24): 217-218. (in Chinese)

10 冯晓丽, 张进成, 郑雪峰. 面向国家急需，构建“三位一体”集成电路人才培养模式的改革与实践. 电子元器件与信息技术, 2019, 3(11): 122-125.

Feng X L, Zhang J C, Zheng X F. Facing the urgent need of the country, the reform and practice of constructing the “Trinity” integrated circuit talent training mode. Electronic Components and Information Technology, 2019, 3(11): 122-125. (in Chinese)

11 范继辉, 庞智勇. “新工科”背景下集成电路与集成系统专业人才培养方案探索与实践. 教育现代化, 2020, 7(52): 24-28.

Fan J Z, Pang Z Y. Exploration and practice of talent training program for integrated circuit and integrated system majors

under the background of "new engineering". Education Modernization, 2020, 7(52): 24-28. (in Chinese)

12 李芳, 程媛, 周涛, 等. 我国集成电路技术发展制约因素分析. 电子产品世界, 2022, 29(6): 12-15.

Li F, Cheng Y, Zhou T, et al. Analysis on the restrictive factors of the development of national integrated circuit technology. Electronic Engineering & Product World, 2022, 29(6): 12-15. (in Chinese)

Analysis on Bottleneck and Prospect of Integrated Circuit Talent Training Oriented to Sci-tech Self-reliance and Self-strengthening at Higher Levels

GUAN Kaixuan[1] YU Jiang[2,3*] ZHOU Jianzhong[2,3] CHEN Feng[3] HAN Yan[4]

（1 ICBC Postdoctoral Workstation, Beijing 100140, China;
2 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;
3 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
4 School of Micro-Nano Electronics, Zhejiang University, Hangzhou 311200, China）

Abstract The most essential feature of building a new development paradigm is to achieve sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels. The integrated circuit industry, as an important pillar to achieve this essential feature, is facing a severe external situation. China's chip shortage pain begins with a shortage of talents. The structural problem of uneven development at the overall level of the industry makes it more difficult to effectively gather and distribute talents. To achieve sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels, we need to be both demand-oriented and problem-oriented, which means not only to pay attention to the core technology innovation of integrated circuits, but also to develop the talent supply system. This study systematically analyzes the pain points of the talent training and development system of China's integrated circuit industry from the perspectives of talent training stage, circulation stage and structural problems, and proposes a theoretical model of forming a new integrated circuit talent training system that is hierarchical, multi echelon and horizontally and vertically coordinating "demand, supply and circulation" links. It aims to provide decision-making reference for building a hierarchical, multi echelon, practical and compound training system of integrated circuit talents in order to achieve sci-tech self-reliance and self-strengthening at higher levels.

Keywords integrated circuit, talent cultivation, integration of production and education, sci-tech self-reliance and self-strengthening

管开轩 中国工商银行博士后科研工作站博士后。主要研究领域为：战略性新兴产业演进与培育路径、科技政策，以及科创金融突破路径研究等。E-mail: kaixuan.guan@icbc.com.cn

GUAN Kaixuan Postdoctor at ICBC Postdoctoral Workstation. Her main research fields are the evolution and cultivation path of strategic emerging industries, science and technology policy, and the breakthrough path of science and innovation finance, et al.
E-mail: kaixuan.guan@icbc.com.cn

余 江 中国科学院科技战略咨询研究院产业科技创新研究中心执行主任、研究员，中国科学院大学公共政策与管理学院教授，清华大学技术创新研究中心学术委员会委员。长期关注全球化背景下的高技术创新政策、数字化与竞争战略等研究。E-mail: yujiang@casisd.cn

YU Jiang Research Professor of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CASISD). He is also the Full Professor at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS) as well as Director of Research Center of Network Innovation and Development, UCAS. His main research interest covers innovation policy, digitalization, and competition strategy. E-mail: yujiang@casisd.cn

■责任编辑：文彦杰

*Corresponding author